

## AEROPONIKA, NOVA TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU MINI KRTOLA KROMPIRA U GUČI

Zoran Bročić<sup>1</sup>, Mirko Milinković<sup>2</sup>, Ivana Momčilović<sup>3</sup>, Jasmina Oljača<sup>1</sup>,  
Biljana Veljković<sup>4</sup>, Drago Milošević<sup>4</sup>, Dobrivoj Poštić<sup>5</sup>

**Izvod:** U laboratoriji za mikropropagaciju Centru za krompir u Guči proizvedene su bezvirusne biljke *in vitro* sorti krompira: Desiree, Kennebec, Agria, Cleopatra i Sinora. Aklimatizovane i ožiljene biljke presađene su u pripremljene aeroponik module. Tokom trajanja ogleda mini krtola su sukcesivno ubirane u četiri termina i merena je njihova masa i broj. Prvo branje mini krtola je obavljeno posle 40-45 dana po presađivanju u aeroponik sistem. Najveći prosečan broj mini krtola imala je sorta Desiree (15,55), dok su najmanji broj dale sorte Sinora i Cleopatra (10,66 i 10,52). Najveća prosečna masa jedne mini krtola po biljci ustanovljena je kod sorte Agria (8,97 g), zatim kod sorte Kennebec (7,61 g), odnosno sorte Cleopatra (6,36 g). Najsitnije mini krtole izmerene su kod sorti Desiree i Sinora (5,32 g i 4,83 g). U aeroponik sistemu dobijen je 4,08 puta veći broj mini krtola u odnosu na supstrat. Aeroponik sistem nudi potencijalnu mogućnost za poboljšanje proizvodnje dobijanja mini krtola krompira.

**Ključne reči:** krompir, *in vitro*, *ex vitro*, mini krtole, aeroponika

### Uvod

Krompir (*Solanum tuberosum* L.) se razmnožava vegetativno krtolama, a to podrazumeva da je sadni materijal zdrav, ili je zaražen u granicama koje dozvoljavaju propisani standardi. Proizvodnja bezvirusnog semenskog krompira danas se odvija preko metode poznate kao *kultura tkiva* (mikropropagacija *in vitro*), čija je suština da se za relativno kratko vreme, i u kontrolisanim uslovima, dobije veliki broj bezvirusnih mini ili mikro krtola. Bezvirusne biljke dobijene *in vitro* se presađuju u različite vrste supstrata radi aklimatizacije i dobijanja mini krtola. Ovaj postupak se smatra klasičnom metodom za dobijanje početnog bezvirusnog baznog materijala koji se dalje umnožava u polju do komercijalnih kategorija semena. Uvođenje mikro i mini krtola u proizvodnju semenskog krompira dovelo je do revolucije u proizvodnji krompira, što je rezultiralo skraćivanjem poljskog ciklusa, kako bi se dobio adekvatan broj semenskog krompira i time garantovao visok nivo zdravstvenog stanja osnovnog materijala (Vrobel, 2014).

Mikro krtole (ili *in vitro* krtole) su minijaturni semenski krompir. One su prva generacija (nucleus) semenskog krompira i njihova masa se kreće od 24-273 mg, njihov prečnik od 4-7 mm i njihova dužina 10-12 mm (Ranalli, 2007). Mini krtole su

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6, Zemun, Srbija,  
e-mail: [brocic@agrif.bg.ac.rs](mailto:brocic@agrif.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>Hilltop Crop, Peregrine Drive, Kinglake West, VIC 3757, Australia

<sup>3</sup>Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Bulevar despota Stefana 142, 11060 Beograd, Srbija

<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet Čačak, Cara Dušana 34, Čačak,

<sup>5</sup>Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Drajzera 9, Beograd, Srbija

proizvedene *ex vitro* od aklimatizovanih biljaka dobijenih *in vitro* ili od umnoženih mikro krtola. Termin se odnosi na njihovu veličinu jer su manje od konvencionalnih krtola semena, ali veće od *in vitro* krtola proizvedenih pod aseptičnim uslovima na veštačkim medijima (Struik, 2007). Veličina mini krtola se obično kreće od 5-25 mm.

U cilju povećanja stepena umnožavanja semenskog materijala *in vitro*, u poslednjih nekoliko decenija su analizirane različite tehnike, kao što su hidroponski sistemi (Chang et al., 2012) ili sistem za hranjivu filmsku tehniku (NFT) (Rolot et al., 2002). Međutim, većina ovih tehnika ima ograničenja usled neadekvatne aeracije korena.

Aeroponski sistemi za proizvodnju predosnovnog semena krompira počeli su da se primenjuju početkom 21. veka, nakon povećane potražnje za efikasnijim, visokokvalitetnim metodama proizvodnje semena (Ritter et al., 2001, Nickols, 2005). U ovom sistemu gajenja, koren je u tamnoj komori (modulu), vodu i hraniva dobija preko zasićenog aerosolog hranljivog rastvora. Farran i Mingo-Castel (2006) su ustanovili da je broj i vreme žetve ključni faktor u optimizaciji proizvodnje mini krtola. Prema Mateus-Rodriguez i sar. (2012) tehnologija aeroponike je potencijalno efikasnija za specifične sorte krompira.

U istraživanju Abdullateef et al. (2012) sa 25 biljaka po m<sup>2</sup>, dobijen je veći broj i krupnije mini krtole po biljci u poređenju sa 35 i 50 biljaka po m<sup>2</sup>.

Najvažniji parametar u proizvodnji mini krtola je njihov broj, a kako navodi Rykaczewska K. (2016) on je u proseku bio 32,5-36,0 po biljci i 1268-1396 po m<sup>2</sup> u zavisnosti od sorte. Broj mini krtola bio je dva do tri puta veći u slučaju aeroponske proizvodnje nego po tradicionalnoj metodi.

Razrada i primena novih metoda u dobijanju mini krtola stvara preduslove za proizvodnju semenskog krompira, koji je neophodan za razvoj sektora krompira u Srbiji i poljoprivrede, posebno u brdsko planinskim oblastima. (Bročić i sar. 2017).

### Materijal i metode rada

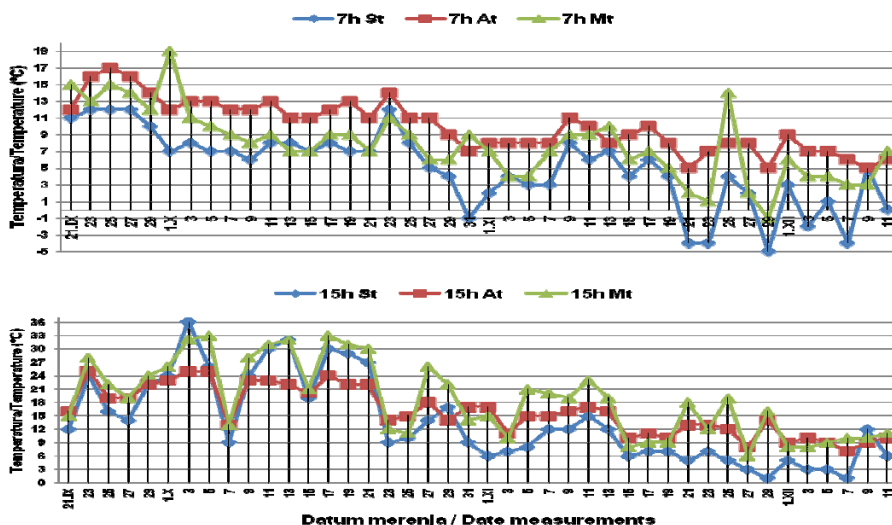
U Centru za krompir u Guči u laboratoriji za mikropropagaciju proizvedene su bezvirusne biljke sledećih sorti krompira: Desiree, Kennebec, Agria, Cleopatra i Sinora. Ove sorte su 20. avgusta 2017. godine iz uslova *in vitro* prenete u mrežanik i posadjene u supstrat od peska i perlita (1:1). Aklimatizacija je trajala 20-25 dana, a potom su aklimatizovane i ožiljene biljke presađene u pripremljene aeroponik module (10-15. septembar).

Aeroponik modul je dužine 15 m, visina 0,8 m, a širine 1 m. Izgrađeno je 4 modula ukupne površine 60 m<sup>2</sup>. Broj biljaka po m<sup>2</sup> je 24. Ogled je postavljen kao jednofaktorijski sa pet sorti krompira i imao je 4 ponavljanja, a broj biljaka u ponavljanju je iznosio 48. Aeroponik je opremljen neophodnom instalacijom: pumpom, instalacijama za dovod i odvod hranljivog rastvora, tankom za hranljivi rastvor, fogerima i softverom koji reguliše dnevni i noćni režim rada. U toku dana od 8 do 18 h, na svakih pet minuta raspršuje se hranljivi rastvor u trajanju od 20 sekundi, a noću od 18-8 h na svakih 10 minuta po 20 sekundi. U cilju praćenja temperaturnih uslova postavljeni su termometri u module, mrežaniku i van mrežanika. Temperature su očitavane u 7 h ujutru i 15 h popodne. Mrežanik je dodatno pokriven PVC folijom.

Tokom trajanja oglada mini krtola su sukcesivno ubirane u četiri roka, a u intervalima od 12 do 19 dana, počevši od 25. oktobra do 12. decembra (Grafikon 2). Merena je njihova masa i broj. Na kraju oglada merena je masa stabla i korena u svežem stanju, kao i njihove dužine. Oglad je bio prekinut posle zadnjeg branja zbog mrazeva. Statistička obrada rezultata je urađena metodom analize vaijanse korišćenjem programa Statistica 5.0. Razlike sredina ispitivanih faktora su utvrđene primenom F-testa, a razlike između sredina tretmana faktora korišćenjem LSD testa na nivou značajnosti 5% i 1%.

### Rezultati istraživanja i diskusija

*Temperaturni uslovi:* Optimalna temperatura za inicijaciju i početni rast krtola krompira je 16-19 °C, odnosno 18-22 °C u fazi formiranja i nalivanja krtola. Iz grafikona 1 se može konstatovati da je oscilacija temperature u komori aeroponika (At) bila znatno manja u odnosu na temperature u mrežaniku (Mt) i spoljašnje temperature (St). Razlog za ovo je što je komora aeroponika izolovana stiroporom, spoljašnjom i unutrašnjom folijom koje su znatno ublažile kolebanje temperature. Dovodne cevi i tank sa hranljivim rastvorom su ispod zemljišta i spoljašnje temperature su imale manji uticaj na temperature hranljivog rastvora. Do kraja oktobra temperature u komori aeroponike su se kretale u intervalu od 10-24 °C, što se može smatrati povoljnim temperaturama za formiranje i rast mini krtola. U novembru i decembru najniže temperature u komori aeroponika su bile do 5 °C, a najviše do 16 °C. Jači i učestali mrazevi krajem novembra i početkom decembra su usporili porast biljaka i formiranje mini krtola, tako da je ogled prekinut 12. decembra, prinudno je završena vegetacija zbog oštećenja od mraza.



Grafikon 1. Temperaturni uslovi u toku istraživanja  
Graph 1. Temperature conditions during the research

*Broj i masa mini krtola:* Analiza prosečnog broja mini krtola po biljci i prosečne mase jedne mini krtole pokazala je statistički vrlo značajne razlike pod uticajem sorte. Iz rezultata merenja (Tabela 1) se vidi da je najveći prosečan broj mini krtola imala sorta Desiree (15,55), dok su najmanji broj dale sorte Sinora i Cleopatra (10,66 i 10,52). Statističkom analizom podataka kod sorte Desiree utvrđen je veći prosečan broj mini krtola (veoma značajno) u poređenju sa svim ostalim sortama. Sorta Kennebec ostvarila je značajno veći broj mini krtola, u odnosu na sorte Agria, Sinora i Cleopatra. Razlika u broju mini krtola između sorti Agria, Sinora i Cleopatra nije bila statistički značajna.

Prosečna broj mini krtola koje smo dobili u ogledu sa supstratom bilo je 2,91 (ne objavljeni podaci), a prosečna masa je iznosila 7,69 g po mini krtoli. Prosečna masa mini krtola za sve sorte u aeroponiku je nešto niža nego u supstratu i iznosila je 6,62 g, a dobijeno je 11,88 mini krtola po biljci, što znači da je u aeroponik sistemu postignuto 4,08 puta veći broj mini krtola u odnosu na supstrat.

Tabela 1. Uticaj sorte na osobine biljke i mini krtola krompira u aeroponik sistemu  
*Table 1. The influence of the variety on the characteristics of the plant and mini potatoes tubers in the aeroponic system of growing*

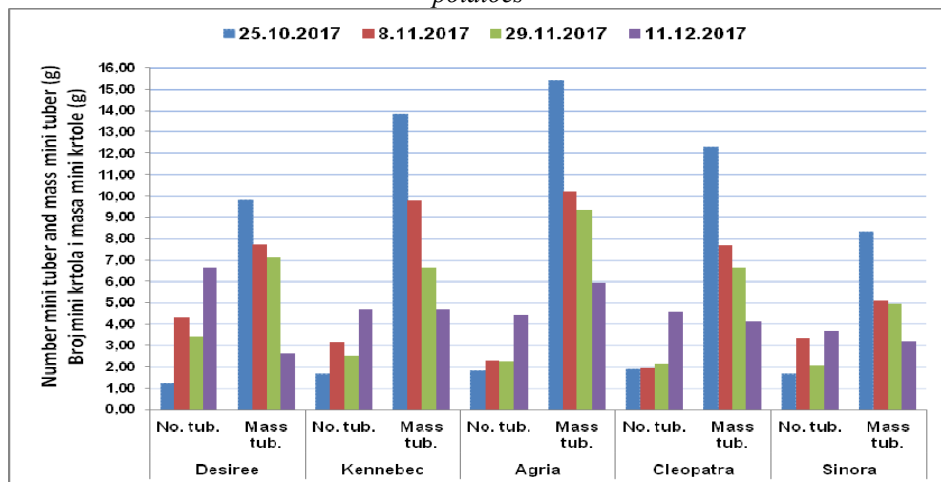
Sorta <i>Varieties</i>	Prosečan broj mini krtola po biljci <i>Average number of mini tubers per plants</i>	Prosečna masa jedne mini krtole (g) <i>Average weight of a mini-tuber (g)</i>	Prosečna dužina stabla (cm) <i>Average Stem length (cm)</i>	Prosečna dužina korena (cm) <i>Average root length (cm)</i>	Masa stabla (g) <i>Mass of the stems (g)</i>	Masa korena (g) <i>Mass of root (g)</i>
Desiree	15,55	5,32	56,77	93,04	142,77	30,73
Kennebec	11,99	7,61	42,00	70,99	78,51	29,58
Agria	10,70	8,97	39,00	69,25	84,80	22,71
Cleopatra	10,52	6,36	32,33	73,17	87,61	17,73
Sinora	10,66	4,83	32,23	67,56	70,20	23,00
Prosek	11,88	6,62	40,47	74,80	92,78	24,75
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	1,13	0,57	7,08	10,88	22,57	4,79
<b>LSD<sub>0,01</sub></b>	1,55	0,78	9,72	14,92	30,95	6,57

Najvažniji parametar proizvodnje mini krtola u aeroponici je njihov broj po biljci. Kako navode i drugi istraživači (Farran et al., 2006, Mateus-Rodriguez et al., 2012, Rykaczewska, 2016, ) uglavnom zavisi od sorte. Prema Mateus-Rodriguez et al. (2013) faktor umnožavanja od 1,45 je moguć i zasniva se na individualnom upravljanju po sorti.

Najveća prosečna masa jedne mini krtole po biljci ustanovljena je kod sorte Agria (8,97 g), zatim kod sorte Kennebec (7,61 g), odnosno sorte Cleopatra (6,36 g). Najsitnije mini krtole izmerene su kod sorti Desiree i Sinora (5,32 g i 4,83 g). Analiza varijanse pokazala je statistički veoma značajno veću prosečnu masu jedne mini krtole kod sorte Agria u poređenju sa svim ostalim sortama (Tabela 1). Sorte Sinora i Desiree dale su veoma značajno sitnije mini krtole, u poređenju sa sortama Kennebec i

Cleopatra. Veoma značajna razlika u masi mini krtola konstatovana je između sorti Kennebec i Cleopatra, kao i značajna razlika između sorti Desiree i Sinora.

Grafikon 2. Uticaj sorte na dinamiku formiranja mini krtola krompira  
Graph 2. The influence of the variety on the dynamics of the formation of mini tubers of potatoes



Veličina pojedinačnih mini krtola u aeroponici, prikazana u literaturi, je prilično raznovrsna i zavisi od intervala berbe, sorte, gustine biljaka po m<sup>2</sup>, djubrenja i temperaturnih uslova (Chang et al., 2012).

*Osobine stabla i korena:* Kod sorte Desiree izmerena je najveća prosečna dužina stabla (56,77 cm) i korena (93,04 cm), kao i najveća prosečna masa stabla (142,77 g) i korena (30,73 g), u poređenju sa ostalim ispitivanim sortama. U ispitivanju Ritter et al. (2001) visina biljaka je bila mnogo veća (150-180 cm). Ovo bi moglo biti povezano sa višim temperaturama u toku vegetacione sezone, pogodne za razvoj nadzemnog dela biljke krompira (Rikaczewska, 2016).

*Dinamika formiranja mini krtola:* Prvo branje mini krtola je obavljeno posle 40-45 dana po presađivanju u aeropnik sistemu, a slične rezultate su dobili i drugi istraživači (Farran et al., 2006, Mateus-Rodriguez et al., 2012, Abdullateef et al., 2012, Rykaczewska, 2016). Broj mini krtola je kod svih sorti u prvom branju bio najmanji i kretao se 1-2 krtole, dok je prosečna masa tih krtola bila najveća, preko 10 gr. U sledeća dva branja (Grafikon 2), kod svih sorti se povećao prosečan broj mini krtola po biljci, ali se smanjivala njihova masa. Najveći broj mini krtola kod svih sorti je bio u četvrtom branju (kraj vegetacije), ali je prosečna masa tih mini krtola bila najmanja. Rezultat ovoga su svakako niske temperature koje su bile od druge polovine novembra. U istraživanju Abdullateef et al. (2012) dobijeno je ukupno 40,8 mini krtola po biljci, od čega su 32,2 mini krtole veće od 20 mm. Najveći broj mini krtola su dobijeni u slučaju 25 biljaka po m<sup>2</sup>. Dužina branja krtola je iznosila četiri meseca.

### **Zaključak**

Aeroponik sistem za proizvodnju mini krtola krompira je primenjen u Centru za krompir u Guči. Prvo branje mini krtola je obavljeno posle 40-45 dana po presađivanju biljaka u aeroponik sistem. Najveći prosečan broj mini krtola imala je sorta Desiree, dok su najmanji broj dale sorte Sinora i Cleopatra. Najveća prosečna masa jedne mini krtole po biljci bila je kod sorte Agria, zatim kod sorte Kennebec. Najsitnije mini krtole izmerene su kod sorti Desiree i Sinora. Broj mini krtola se kod svih sorti od prvog branja povećavao, ali se smanjivala njihova masa. Primenom aeroponik sistema dobijen je 4,08 puta veći broj mini krtola u odnosu na supstrat. Aeroponika nudi veći potencijal za poboljšanje proizvodnje dobijanje mini krtola krompira.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta: Razvoj i primena proteinskih markera u odabiru sorti krompira otpornih prema visokim temperaturama, TR-31049, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

### **Literatura**

- Abdullateef S., Böhme M.H. and Pinker I. (2012): Potato Minituber Production at Different Plant Densities Using an Aeroponic System. *Proc. Acta Hort.* 927, ISHS, 429-436
- Bročić Z., Milinković M., Ivana Momčilović, Jasmina Oljača, Biljana Veljković, (2017): Aeroponik, novatehnologija za proizvodnju semenskog krompira u Srbiji. VIII Simpozijum sa međunarodnim učešćem "Inovacije u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji" Zemun, Beograd, 19-20 . oktobar 2017. ( uvodni referat po pozivu), Zbornik izvoda –pp.14-15
- Chang D.C., Park C.S., Kim S.Y., Lee Y.B. (2012): Growth and tuberization of hydroponically grown potatoes. *Potato Research*, 55: 69–81.
- Farran I., Mingo-Castel A.M. (2006): Potato minituber production using aeroponics: Effects of plant density and harvesting intervals. *American Journal of Potato Research*, 83: 47–53.
- Mateus-Rodríguez J., De Haan S., Barker I., Chuquillanqui C., Rodríguez-Delfín A. (2012): Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production. *ISHS Acta Horticulturae*, 947: 361–367.
- Nickols M.A. (2005): Aeroponics and potatoes. *ISHS Acta Horticulturae*, 670:201–206.
- Otazu, V., 2010, Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP). Lima, Peru.
- Ranalli P. (2007): The canon of potato science: 24. Microtubers. *Potato Research*, 50: 301–304.
- Ritter E., Angulo P., Riga P., Herrán C., Relloso J., San Jose M. (2001): Comparison of hydroponic and aeroponic systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, 44: 127–135.

- Rolot J.H., Seutin H., Michelante D. (2002): Production de minitubercules de pomme de terre par hydroponie: Évaluation d'un système combinant les techniques “NFT” et “Gravel Culture” pour deux types de solutions nutritives. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 6: 155–161.
- Rykaczewska K. (2016): The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture. *Plant Soil Environ.* Vol. 62, 2016, No. 5: 210–214
- Struik P.C. (2007): The canon of potato science: 25. Minitubers. *Potato Research*, 50: 305–308.
- Wróbel S. (2014): Assessment of possibilities of microtuber and *in vitro* plantlet seed multiplication in field conditions. Part 1: PVY, PVM and PLRV Spreading. *American Journal of Potato Research*, 91: 554–565.

## AEROPONICS, NEW TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF POTATO MINI TUBERS IN GUCA

*Zoran Bročić<sup>1</sup>, Mirko Milinković<sup>2</sup>, Ivana Momčilović<sup>3</sup>, Jasmina Oljača<sup>1</sup>,  
Biljana Veljković<sup>4</sup>, Drago Milošević<sup>4</sup>, Dobrivoj Poštić<sup>5</sup>*

### Abstract

In the laboratory for micropropagation in Potato Research Center in Gucha, *in vitro* virus-free plants of following potato varieties were produced: Desiree, Kennebec, Agria, Cleopatra and Sinora. Acclimatized and rooted plants were transplanted in previously prepared aeroponik module. During the duration of the experiment, the mini-tubers were successively harvested four times and their mass and number were recorded. The first harvest of mini tubers was out after 40-45 days after transplanting in aeroponik system. The highest average number of mini tubers was of the Desiree variety (15.55), while the lowest number was harvested by varieties Sinora and Cleopatra (10.66 and 10.52). The highest average mass of one mini-tuber per plant was obtained in the Agria variety (8.97 g), followed by the Kennebec variety (7.61 g) and the Kleopatra variety (6.36 g). The smallest mini-tubers were measured in the Desiree and Sinora varieties (5.32 g and 4.83 g). In the aeroponic system, 4.08 times more mini-tubers were obtained compared to the substrate. Aeroponik system offers the potential to improve the production of potato mini tubers.

**Key words:** potatoes, *in vitro*, *ex vitro*, mini tubes, aeroponics

<sup>1</sup> Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina 6, Zemun, Serbia, e-mail: [brocic@agrif.bg.ac.rs](mailto:brocic@agrif.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> Hilltop Crop, Peregrine Drive, Kinglake West, VIC 3757, Australia

<sup>3</sup> Institute for Biological Research "Siniša Stanković" Bulevar despota Stefana 142, 11060 Belgrade, Serbia

<sup>4</sup> University of Kragujevac, Faculty of Agriculture Cacak, Cara Dusana 34, Cacak,

<sup>5</sup> Institute for Plant Protection and Environment, Teodora Drazera 9, Belgrade, Serbia